

VII. MAGYAR FÖLDRAJZI KONFERENCIA KIADVÁNYA

2014 Miskolc

**Kiadó: Miskolci Egyetem
Földrajz – Geoinformatika Intézet**



*Szerkesztette:
Kóródi Tibor
Sansumné Molnár Judit
Siskáné Szilasi Beáta
Dobos Endre*

ISBN 978-963-358-063-9

PORVIHAROK FORRÁSTERÜLETEINEK TÉRBELI ELOSZTLÁSA, SZEZONÁLIS JELLEMZŐI ÉS GEOMORFOLÓGIAI VISZONYAI¹⁸³

BEVEZETÉS

Földünk legfontosabb porforrásterületeiről évente 1–3 milliárd tonna finomszemcsés, porfrakciójú (kisebb, mint 62,5 µm átmérőjű) ásványi szemcse kerül szél által a légkörbe (Tegen 1996; Ginoux et al. 2001; Maher 2010). A porviharok kialakulási feltételei közül nagy fontosságúak a forrásterület geológia, geomorfológiai és pedológiai viszonyai, mivel a szél kritikus nyírófeszültsége nagyban függ a talajok, illetve a talajoknak nem minősülő laza, törmelékes üledékek ásványi összetételétől, szemcseméretétől, nedvességtartalmától, vízháztartásától. A felszínalaktani viszonyok által felerősített defláció a talaj felső, legtermékenyebb rétegeit érinti, mely során durvább szemcseméret és alacsonyabb humusztartalom alakul ki, jelentősen hozzájárulva a terület elsivatagosodásához.

A poranyag hosszabb-rövidebb légköri tartózkodás után olykor több tízezer kilométeres távolságokra is eljut. Ez a hatalmas mennyiségű por nem csupán a közvetlen környezetének viszonyaira van hatással, hanem mind közvetlen, mind közvetett módon befolyásol számos további folyamatot (Harrison et al. 2001; Kohfeld és Tegen 2007; Pósfai és Buseck 2010; Varga 2010). A Napból érkező rövidhullámú sugárzás elnyelése, szórása és visszaverése, valamint a felszínen lerakódó törmelék albedó módosító hatása révén befolyásolja a Föld energiaháztartását. Egyes vízben oldódó vagy nedvesíthető szemcsék a felhőképződésben játszanak szerepet, mint kondenzációs magvak, tovább módosítva így a besugárzási viszonyokat. A karbonátokban dúsabb szemcsék a csapadék pH-ját megnövelve csökkenthetik a savas esők gyakoriságát (Rogora et al. 2004). A felhalmozódó por szerepet játszik a talajképződésben is, növelve a talajok agyag-, illetve finom kőzetliszt-méretű frakcióinak részarányát. A sivatagokból kifújt por az egészségünkre is hatással lehet, így például a Földközi-tenger térségének egyes régióiban a szaharai porkitörések alkalmával gyakran az egészségügyi határérték fölé emelkedik a légkör PM_{2,5} és PM₁₀-es szállópor koncentrációja (Griffin et al. 2001; Rodríguez et al. 2001; Matassoni et al. 2011).

Mindezekon kívül számos más további folyamatban (pl. káros és veszélyes gombák, baktériumok, vírusok szállítása, radionuklidok terjedése, közlekedési hatások) betöltött szerepe miatt került a porviharok kutatása az éghajlati és egyén környezeti vizsgálatok homlokterébe (Pye 1997; Goudie és Middleton 2006). Jelen munkánk keretében a porviharok legfőbb forrásterületeinek térbeli eloszlását, szezonális jellemzőit és geomorfológiai viszonyait elemeztük. Az elemzések alapját a korábbi porforrások globális eloszlását elemző Prospero et al. (2002) és Varga (2012) tanulmányokat használtuk fel.

MÓDSZEREK

A leghosszabb mérési sorozattal és kellően részletes tér- és időbeli felbontással az elérhető adatbázisok közül a NASA Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) és OzoneMappingInstrument (OMI) aeroszol adatai rendelkeznek (Herman et al. 1997; Torres et al. 1998). Az 1978 novemberétől kezdődő adatsorok az északi és a déli szélesség 70. szélességi foka közötti területekről tartalmaznak napi gyakoriságú adatokat 1°×1,25°-os horizontális felbontással. Az Aeroszol Index (AI) értékét a légköri szemcsék felületén történt Mie- és

¹⁸²Varga György, Bradák Balázs, Szeberényi József: MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Földrajztudományi Intézet, E-mail: varga.gyorgy@csfk.mta.hu

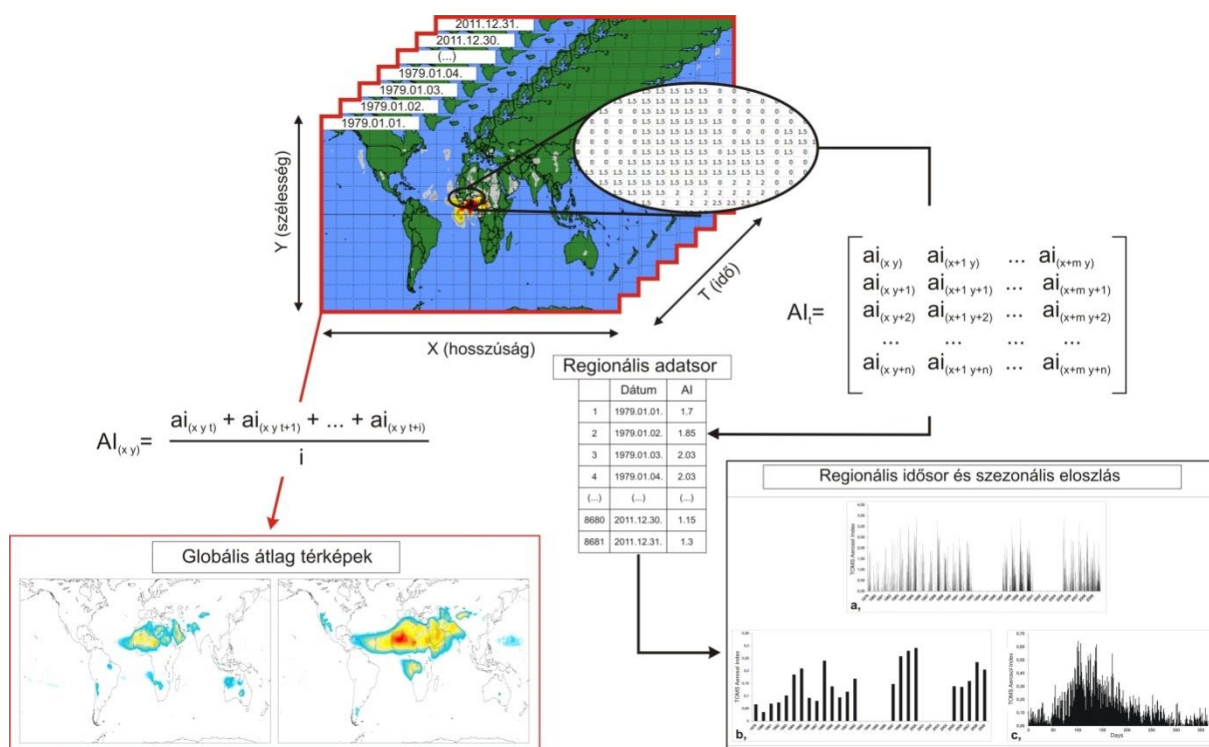
¹⁸³ A kutatást az OTKA PD108708 számú projektje támogatta.

Rayleigh-szórás és elnyelés, valamint a tiszta légköri Rayleigh-szórás értékének a hányadosa adja meg:

$$AI = 100 \log_{10} \left(\frac{I_{360}^{\text{mért}}}{I_{360}^{\text{számított}}} \right),$$

ahol $I_{360}^{\text{mért}}$ és $I_{360}^{\text{számított}}$ rendre a 360 nm-es sugárzás mért és a Rayleigh-légkörre számított értéke (Herman et al. 1997).

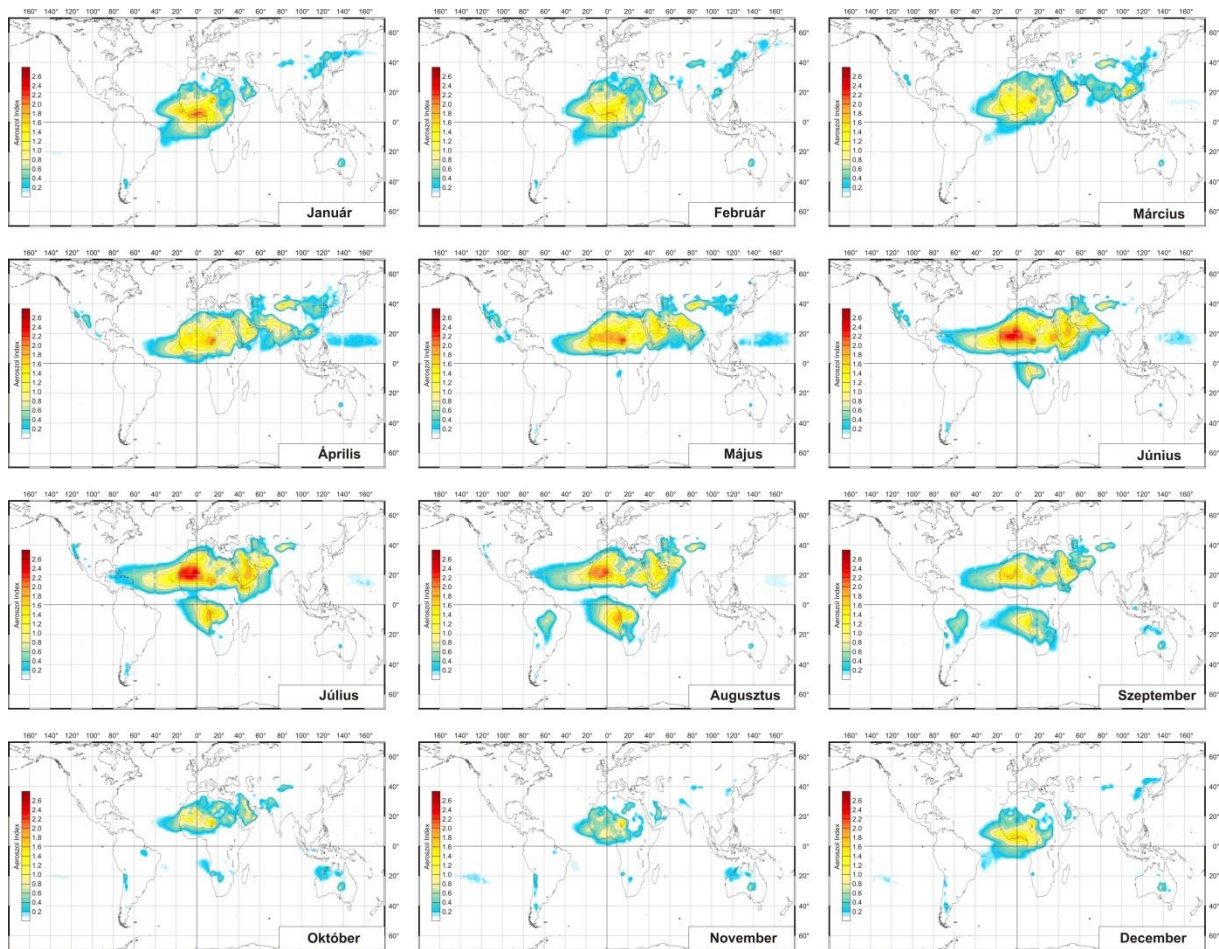
A napi adatmátrixok feldolgozása a MATLAB programrendszerrel történt, mely során 23 év 365 napjának 8395 mérési adatából kialakított 23×365 -ös mátrix alapján globális és kiválasztott régiókra jellemző átlagtérképeket, napi, havi és éves felbontású idősorokat, valamint szezonális eloszlási diagramokat állítottunk elő (1. ábra).



1. ábra: A vizsgálatok során alkalmazott módszerek sematikus áttekintése

SZEZONÁLIS VISZONYOK

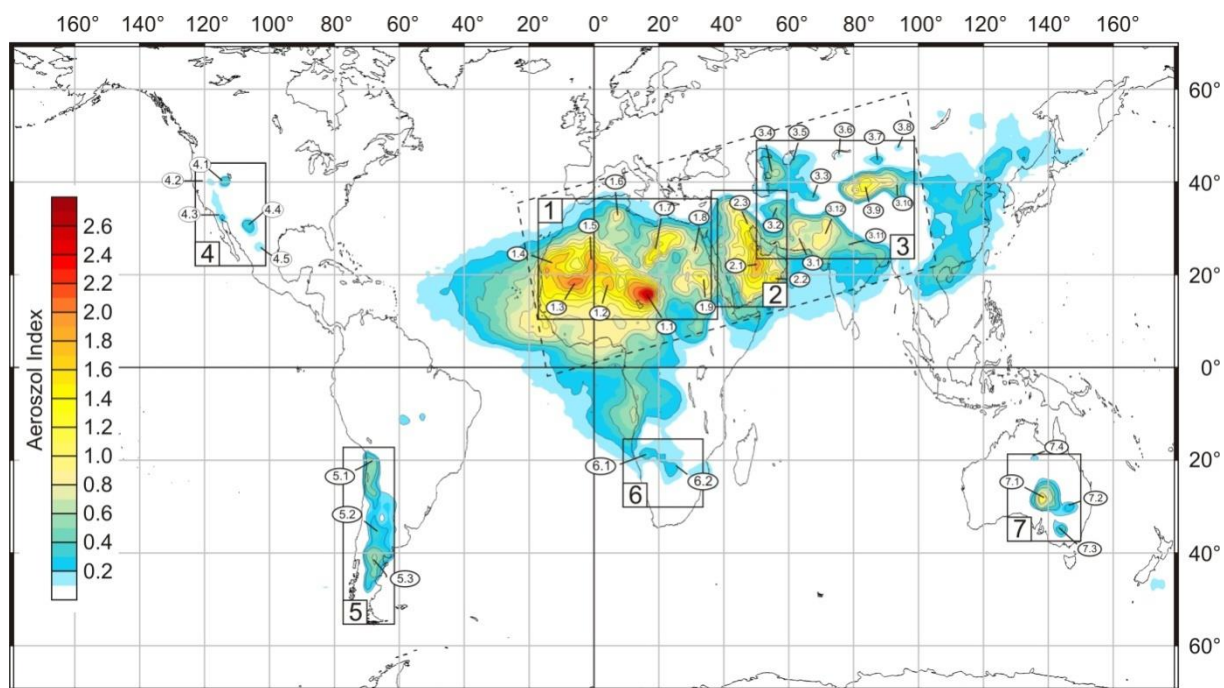
A porkibocsátás szezonális ciklusát a szerkesztett havi átlagtérképek segítségével elemezhetjük (2. ábra). A forrásterületek időszakosan eltérő mintázatokkal jellemezhetőek, mely eltérések az adott térségre jellemző szinoptikus meteorológiai és egyéb helyi környezeti (pl. csapadékmintázat, szélviszonyok, vegetációs időszak stb.) viszonyok miatt alakulnak ki. Ugyanakkor megállapítható, hogy az arid térségek porkibocsátása jellemzően tavaszi és nyári maximumot mutat. Néhány szemi-arid és szub-humid közepes szélességű terület kora tavaszi (vagy késő téli) emissziós csúcsot mutat; ez körülbelül a vegetációs periódust közvetlenül megelőző időszak, amikor már a hó elolvadt és a szántókat felszántották.



2. ábra: A légkör aeroszol terheltségének havi átlagtérképei a NASA TOMS és OMI Aeroszol Indexek alapján.

TÉRBELI ELOSZLÁS

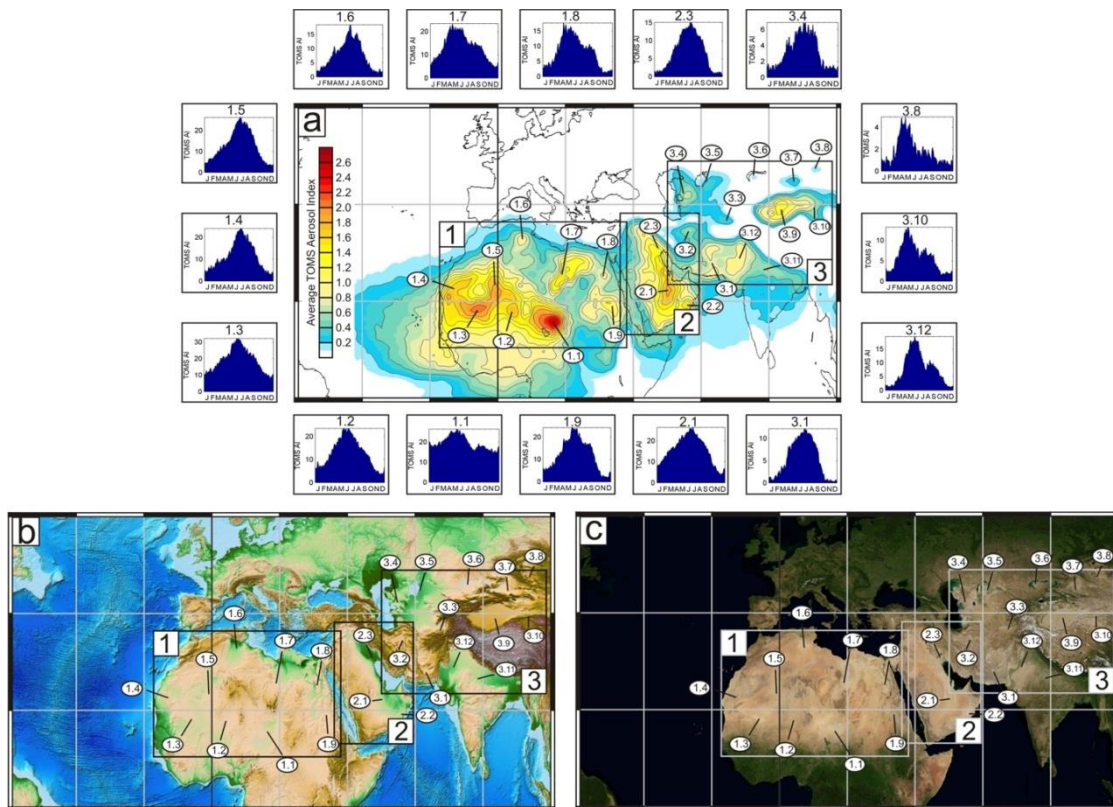
A napi AI adatmátrixok feldolgozásával szerkesztett globális, regionális és szezonális aeroszol térképeken jól elkülöníthetőek a viszonylag kisméretű legintenzívebb porforrás körzetek. A források még pontosabb lehatárolásához különböző léptékű topográfiai, geomorfológiai és geológiai térképet, valamint műholdas felvételeket használtunk. A lehordási területek térbeli eloszlásáról megállapítható, hogy észak-afrikai (jellemzően szaharai), arábiai, belső-ázsiai és ausztrál régiók felelősek a porkibocsátás döntő többségéért, melyek az úgynevezett „globális por-övet” rajzolják kis az átlagtérképeken. További jelentős, csaknem pontszerű, regionális források találhatók Észak- (pl. az Egyesült Államok DNY-i régiói, Mexikó magasföldjei) és Dél-Amerika (pl. Pampák, Altiplano) szárazabb régióiban is (3. ábra).



3. ábra: **1. Észak-Afrika:** 1.1. Bodélé-medence; 1.2. Azawagh-szerkezeti medence; 1.3. Taudeni-medence D-i része; 1.4. Ny-szaharai hegylábfelszínek; 1.5. Tidikelt-depresszió és az Ahaggar Ny-i, ÉNy-i törmelékkúpjai; 1.6. ChottMelrhir és ChottJerid sóstavak; 1.7. Kireneika és a Kattara-mélyföld; 1.8. Nílus Ny-i réteglépcsői; **2. Közel-Kelet:** 2.1. JebelTuwaiq sós lapályai és időszakos vízfolyásai; 2.2. JebelDhorafsabkha rendszere; 2.3. Tigris-Eufrátesz ártere; **3. Belső- és Kelet-Ázsia:** 3.1. Szeisztán-medence; 3.2. Dasht-eKavir és Dasth-eLut; 3.3. Fergana-medence; 3.4. Kara-BogazGol; 3.5. Aral-tó egykori medre; 3.6. Balkhas-Alakol-medence alluviális lerakódásai; 3.7. Dzsungár-medence; 3.8. Uvs-tó zárt medencéje; 3.9. Tarim-medence; 3.10. Lop Nor vidéke (Quaidam-medence); 3.11. Indus és Gangesz ártere; 3.12. Thar sivatag; **4. Észak-Amerika:** 4.1. Nagy-Sóstó vidéke; 4.2. SmokeCreek és Black Rock sivatag; 4.3. Salton-tó egykori medencéje; 4.4. Chihuahuan sivatag; 4.5. Bolsón de Mapimí; **5. Dél-Amerika:** 5.1. Salar de Uyuni (és az Altiplano további sóstavai); 5.2. Déli-Andok hegylábfelszíne; 5.3. Patagónia; **6. Dél-Afrika:** 6.1. Etosha sósmocsár; 6.2. Makgadikgadi-depresszió; **7. Ausztrália:** 7.1. Eyre-tó medencéje; 7.2. Darling alluviális üledékei; 7.3. Darling-menti sósmocsarak (Caryapundy); 7.4. Barkly-táblavidék sós lapályai.

FÖLDÜNK LEGFŐBB FORRÁSTERÜLETEINEK GEOMORFOLÓGIAI VISZONYAI

A globális aeroszol térképen jól látszik, hogy Földünk légköri por-emissziójának nagy része jól elkülöníthető, viszonylag kis területű körzetekből származik. A globális porkibocsátás 50-70%-áért szaharai (és részben száhel-övezeti) forrásterületek a felelősek. Az észak-afrikai legfőbb lehordási területek többsége a környezetüknél alacsonyabban fekvő, geomorfológiai értelemben vett depressziókban található (4. ábra).



Pleisztocén pluviális tavak egykori medrei:

tipikus példa: Bodélé-medence (1.1)

- az egykori Mega-Csád-tó maradványa
- vastag, finomszemcsés kovamoszat és sós üledékek fedik
- jellemző szél: ÉK-i passzát (Harmattán)
- hasonló: Taudeni-medence (1.3)

Zárt hegyközi medencék:

tipikus példa: Szeisztán-medence (3.1)

- hegyközi medencék, törmelékűpokkal, vádikkal, sómocsarakkal
- sekély, időszakosan kiszáradó tavak (kevírek, kavírok)
- katabatikus szelek
- hasonló: Dzsungár-medence (3.7), Uvs-tó medencéje (3.8)

Hegységelőtéri törmelékűpok:

tipikus példa: az Ahaggar Ny-i és ÉNy-i lejtői (1.5)

- nagy mennyiségű tömegmozgások hatására elmozduló, fedetlen finomszemcsés törmelékanyag
- gyakori villámárvizek hordalékfelhalmozása
- hasonló: Azawagh-medence (1.2)

Időszakosan vízzel borított sóstavak:

tipikus példa: Chott (Sott) Melhir és Jerid (1.6)

- sekélyvízű sóstavak, váltakozó kiterjedéssel
- nagyterjedésű szélnek kitett finomszemcsés mederfenék
- közeli homoksivatagokból kifújt durvább szemcsék ballisztikus hatása fokozza a

Árterek:

tipikus példa: Tigris és Eufrátesz medencéje (2.3)

- a két nagy folyó által szállított nagy mennyiségű finomszemcsés ártéri üledéket könnyen elragadja a szél
- a kiterjedt ártéren számos további időszakosan kiszáradó mocsár található
- hasonló: Tokar-delta (Baraka - 1.9)

Antropogén hatások:

tipikus példa: Kara-Bogaz Gol (3.4)

- a Kaszpi-tó egykori, mára elgátolt és kiszáritott öble

Aral-tó (3.5)

- porviharok forrásanyaga az Amu- és Szirdarja kiszáradt deltája és a száraz tómeder

4. ábra: A „globális por-öv” jellemző lehordási körzeteinek természetföldrajzi viszonyai.

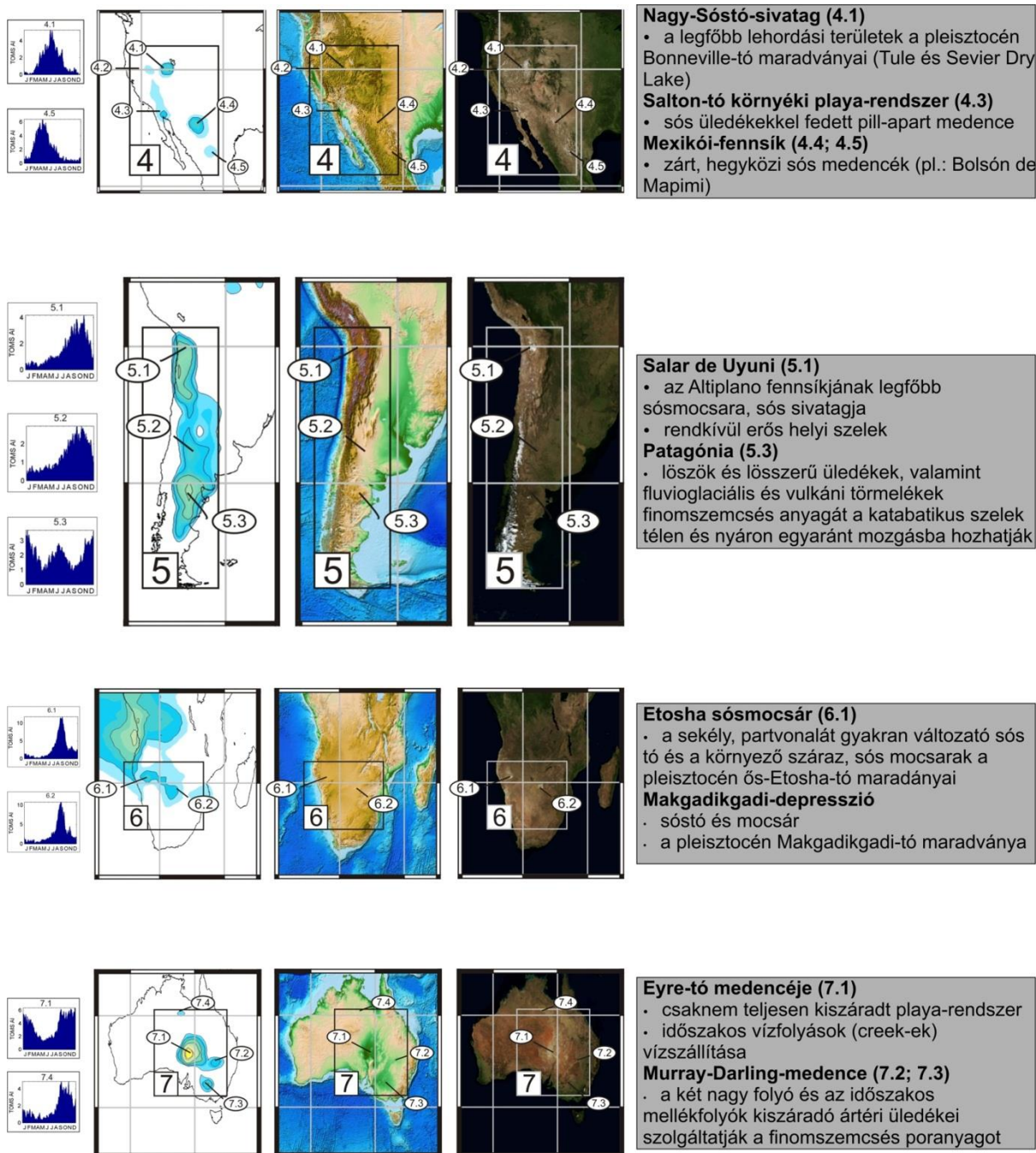
Számos por-forrásterületet a pleisztocén pluviális időszakaiban átmenetileg víz borította, így nagy mennyiségű finomszemcsés anyag halmozódhatott fel bennük. Gyakori, hogy a felszínüket kovamoszatokból felépülő vagy sós kéreg fedi, melyet a szél nem képes megbontani. Az, hogy mégis hatalmas mennyiségű por kerül ki ezekről a területekről, a közeli homoksivatagoknak köszönhető, amelyek területéről lehordott durvább szemcseméretű anyag becsapódási energiája felszakítja a port védelmező kérget. Ilyen terület Földünk legaktívabb

kifúvási régiója Bodélé vidéke is, melyet a pleisztocénben és holocénben a jelenleginél sokkal nagyobb kiterjedésű Csád-tó borított el, valamint Algéria északkeleti és Tunézia nyugati részén, a Szaharai-Atlasztól délre fekvő sottonok (chottok) környéke is.

A hegységi előterekben a lepusztulási folyamatok termékeként kialakuló törmelékkúpok finomszemcsés anyagát, illetve az időszakos vízfolyások alluviális üledékét szintén könnyen légkörbe emelheti a szél. A kelet-líbiai Kirenaikavádirendszere és a Kattara-mélyföld területe vagy az Ahaggar-tól délre, az Aïr és az Iforas-hegység között fekvő Azaouak-völgye eklatáns példái ennek. A Taudeni-mélyedés hatalmas területe szintén fontos por forrásterület, beleértve ebbe a Niger egykori, feltételezett belföldi deltájának lerakódásait is Timbuktotól északra. Ehhez a térséghez csatlakozik a nyugat-szaharai, partvonallal párhuzamosan futó vonulatok keleti oldalán fekvő pleisztocénben jelentősebb vízhálózattal, ma időszakos vízfolyásokkal és változó területű sekély tavakkal rendelkező régió.

Az Arab-félsziget kiterjedt sivatagos körzetei a Szaharához hasonló jellemzőkkel és aktivitással rendelkeznek. A Tigris és Eufrátesz folyók medencéjének ártéri lerakódásaiból a tavaszi és nyári időszakokban nagy mennyiségű poranyagot fúj a szél a Perzsa-öböl fölé. A magasabb ázsiai régiók zárt hegyközi medencéinek tömegmozgásos folyamatok által felhalmozott finomszemcsés törmelékanyaga és az időszakosan vízzel borított sóstavainak száraz mederüledékei is fontos lehordási körzeteknek számítanak. A Kaszpi- és Aral-tó kiszáritott területei az antropogén hatásokra kialakuló forrásterületek körébe tartoznak.

A „globális por-övön” kívüli porforrások Földünk porkibocsátásának csekély hányadáért felelősek, azonban regionálisan és lokálisan így is súlyos környezeti hatásokkal rendelkeznek. Ezek a lehordási régiók jellemzően a már korábban bemutatott geomorfológiai környezetekhez hasonló körzetekhez köthetőek (5. ábra).



5. ábra: A „globális por-övön” kívüli területek jellemző lehordási körzeteinek természetföldrajzi viszonyai.

ÖSSZEFOGLALÁS

A 23 év napi Aeroszol Index adatmátrixainak feldolgozásával előállított globális átlagtérképek szisztematikus elemzése alapján megállapítható, hogy a legfőbb porforrások jellemző geomorfológiai környezetekhez kapcsolhatók. Ezeknek jelentős hányada geomorfológiai értelemben vett depressziókhöz köthető, melyek egykoron és/vagy időszakosan vízzel borítottak. A porviharok kialakulásához szükséges laza, finomszemcsés, törmelékes üledék számos esetben a pleisztocén nedvesebb időszakaiban kialakult tavakban halmozódhatott fel, melyeket ma már nem borít vízfelület.

Következésképpen fontos kijelenteni, hogy alapvetően a porviharok forrásterületei arid-szemiarid területekhez köthetőek, azonban a víz múltbéli és/vagy jelenkori időszakos szerepe sok esetben döntő fontosságú.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- GINOUX, P.M. – CHIN, I. – TEGEN, I. – PROSPERO, J. – HOLBEN, M. – DUBOVİK, O. – LIN, S.J. 2001: Global simulation of dust in the troposphere: model description and assessment. – *Journal of Geophysical Research* 106. pp. 20255–20273.
- GOUDIE, A.S. – MIDDLETON, N.J. 2006: *Desert Dust in the Global System*. – Springer, 287 p.
- GRIFFIN, D.W. – KELLOGG, C.A. – SHINN, E.A. 2001: Dust in the wind: Long range transport of dust in the atmosphere and its implications for global public and ecosystem health. – *Global Change and Human Health* 2. pp. 20–33.
- HARRISON, S.P. – KOHFELD, K.E. – ROELANDT, C. – CLAQUIN, T. 2001: The role of dust in climate changes today, at the last glacial maximum and in the future. – *Earth-Science Reviews* 54. (1–3) pp. 43–80.
- HERMAN, J.R. – BHARTIA, P.K. – TORRES, O. – HSU, C. – SEFTOR, C. – CELARIER, E. 1997: Global distribution of UV-absorbing aerosols from Nimbus 7 TOMS data. – *Journal of Geophysical Research Atmospheres* 102. (D14) pp. 16911–16922.
- KOHFELD, K.E. – TEGEN, I. 2007: Record of Mineral Aerosols and Their Role in the Earth System. – *Treatise on Geochemistry* 4. (13) pp. 1–26
- MAHER, B.A. – PROSPERO, J.M. – MACKIE, D. – GAIERO, D. – HESSE, P.P. – BALKANSKI, Y. 2010: Global connections between aeolian dust, climate and ocean biogeochemistry at the present day and at the last glacial maximum. – *Earth-Science Reviews* 99. pp. 61–97.
- MATASSONI, L. – PRATESI, G. – CENTIOLI, D. – CADONI, F. – LUCARELLI, F. – NAVA, S. – MALESANI, P. 2011: Saharan dust contribution to PM₁₀, PM_{2.5} and PM₁ in urban and suburban areas of Rome: A comparison between single-particle SEM-EDS analysis and whole-sample PIXE analysis. – *Journal of Environmental Monitoring* 13. (3) pp. 732–742.
- POSFAL, M. – BUSECK, P.R. 2010: Nature and climate effects of individual tropospheric aerosol particles. – *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 38. pp. 17–43.
- PROSPERO, J.M. – GINOUX, P.M. – TORRES, O. – NICHOLSON, S.E. – GILL, T.E. 2002: Environmental characterization of global sources of atmospheric soil dust identified with the Nimbus-7 Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) absorbing aerosol product. – *Reviews of Geophysics* 40. 31 p.
- PYE, K. 1987: *Aeolian Dust and Dust Deposits*. – Academic Press, London, 334 p.
- RODRÍGUEZ, S. – QUEROL, X. – ALASTUEY, A. – KALLOS, G. – KAKALIAGOU, O. 2001: Saharan dust contribution to PM₁₀ and TSP levels in Southern and Eastern Spain. – *Atmospheric Environment* 35. (14) pp. 2433–2447.
- ROGORA, M. – MOSELLO, R. – MARCHETTO, A. 2004: Long-term trends in the chemistry of atmospheric deposition in northwestern Italy: the role of increasing Saharan dust deposition. – *Tellus B* 56. (5) pp. 426–434.
- TEGEN, I. – LACIS, A.A. – FUNG, I. 1996: The influence of mineral aerosols from disturbed soils on climate forcing. – *Nature* 380. pp. 419–422.
- TORRES, O. – BHARTIA, P.K. – HERMAN, J.R. – AHMAD, Z. – GLEASON, J. 1998: Derivation of aerosol properties from satellite measurements of backscattered ultraviolet radiation: Theoretical basis. – *Journal of Geophysical Research Atmospheres* 103. (D14) pp. 17099–17110.
- VARGA GY. 2010: Gondolatok a porviharok és a klimatikus, környezeti folyamatok összefüggéseiről. – *Földrajzi Közlemények* 134. (1) pp. 1–14.
- VARGA GY. 2012: Spatio-temporal distribution of dust storms – a global coverage using NASA Total Ozone Mapping Spectrometer aerosol measurements (1979–2011). *Hungarian Geographical Bulletin* 61. (4) pp. 275–298.